





**CAST STEEL MATERIAL CONTAINING BISMUTH WITH MECHANICAL PROCESSABILITY**

**Patent number:** JP56035758  
**Publication date:** 1981-04-08  
**Inventor:** DENISU TEI KUINTO; DEIBANSHIYU BATASHIYARIYA  
**Applicant:** INLAND STEEL CO  
**Classification:**  
- **international:** C22C38/60  
- **european:**  
**Application number:** JP19800109092 19800807  
**Priority number(s):** US19790070829 19790829

**Also published as:**

 EP0027165 (A)  
 US4247326 (A)  
 ES8106764 (A)  
 EP0027165 (B)

**Report a data error here**

Abstract not available for JP56035758

Abstract of corresponding document: **US4247326**

A free machining steel shape containing bismuth which functions as a liquid metal embrittler. The opportunity for bismuth to function as a liquid metal embrittler is increased by limiting the size of bismuth-containing inclusions to less than five microns.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑩ 日本国特許庁 (JP)  
⑫ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開  
昭56—35758

⑨ Int. Cl.<sup>3</sup>  
C 22 C 38/60

識別記号  
CBH

庁内整理番号  
6339—4K

⑬ 公開 昭和56年(1981)4月8日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 6 頁)

⑭ ビスマスを含有する機械加工自在の鑄成鋼材

① 特 願 昭55—109092

② 出 願 昭55(1980)8月7日

優先権主張 ⑮ 1979年8月29日 ⑯ 米国(US)  
⑰ 70829

⑱ 発 明 者 デニス・テイ・クイント  
アメリカ合衆国インディアナ・  
セント・ジョン・ヒツコリー・  
レイン9872

⑲ 発 明 者 デイバンシュ・バタシャリヤ  
アメリカ合衆国イリノイ・マチ  
ソン・クレストウツド・ロード  
5613

⑳ 出 願 人 インランド・スチール・カンパ  
ニー  
アメリカ合衆国60603イリノイ  
・シカゴ・ウエスト・モンロー  
・ストリート30

㉑ 代 理 人 弁理士 角田嘉宏

明 細 書

1. 発明の名称

ビスマスを含有する機械加工自在の鑄成鋼材

2. 特許請求の範囲

(1) 炭素(0.08~1.0重量%)、マンガン(0.8~1.6重量%)、シリコン(最高0.80重量%)、硫黄(0.03~0.50重量%)、銅(最高0.12重量%)、ビスマス(0.05~0.40重量%)、鉄(実質的に残量)より実質的に成る自由機械加工鑄成鋼材において、5ミクロン未満の平均サイズを有するビスマス含有介在物中に上記ビスマスが存在することにより、より大きいサイズの介在物中に同量のビスマスを有する鋼と比べて、機械加工中に微小きれつ先端への即時搬送用にビスマスが利用できる上記鋼の微細組織中における固所数を増加させることを特徴とする機械加工自在の鑄成鋼材。

(2) 特許請求の範囲第1項に記載の機械加工自在の鑄成鋼材において、上記ビスマスは元素の

ビスマスを含む介在物として存在する。

(3) 特許請求の範囲第1項に記載の機械加工自在の鑄成鋼材において、上記鋼はさらに0.8重量%までの鉛と0.06重量%までのテルルを含む。

(4) 特許請求の範囲第1項に記載の機械加工自在の鑄成鋼材において、上記マンガン含量は硫黄含量の3倍より大きい。

(5) 特許請求の範囲第1項に記載の機械加工自在の鑄成鋼材において、上記鑄成鋼材はインゴットである。

3. 発明の詳細な説明

本発明はビスマスを含有機械加工自在の鋼に関し、特に、このビスマスが液体金属ぜい化物として作用する機会が増加させられるビスマスを含む鑄成鋼材に関する。

鋼の機械加工において、切削具が鋼表面に当てられ、鋼または切削具のいずれかが他方に対し相対移動させられて切削具による鋼の切削が行われる。これにより鋼屑が形成され、この屑

(1)

(2)

は加工中に鋼から除去される。屑の形成は鋼中の微小きれつの形成と密着に関連する。

更に詳しくは、機械加工中、切削具の切削縁が屑に接触する位置で屑に力に加えられ、この力が屑中に微小きれつを生ずる。この微小きれつは屑中の介在物に生じ得、またこの微小きれつは屑中に、切削具の切削縁が屑に接触する位置から微小きれつの最内端へのび得る。この微小きれつは一般に屑中の粒界または相間境界に沿って進行する。この微小きれつの伝送は、機械加工中のエネルギー消費を要する。微小きれつを伝送するに要するエネルギー消費が小さいほど、屑の加工が容易になり、したがって、屑の加工性が良好になる。

加工中、微小きれつの付近における屑の温度は加工中に生ずる熱により上昇する。加工による屑の温度上昇は、機械工具の切削縁において最も高く、そこから離れるにつれて減少する。

もし、微小きれつの最内端またはその付近に液体金属ぜい化物が存在すれば、微小きれつを

(3)

物はほんの数個の原子の厚さを有する層を成しうるが、それは微小きれつにおいて液体金属ぜい化物として所望の作用を達成するには十分なものである。

液体金属ぜい化物のそのような作用をする能力は微小きれつの先端へのその即時搬送に直接関連するので、微小きれつの先端へ即時搬送する可能性を高めるものは全て望ましい。

液体金属ぜい化物の融点が低く、屑の粒界または相間境界をぬらす傾向が強いほど、容易に破壊するようにぜい化される屑の領域は工具の切削縁から遠く離れる。

機械加工性を高めるため屑に硬質を加えることは従来手段である。硬質はマンガンを結合して屑中に硬化マンガンを介在物を形成する。硬質が鉄よりむしろマンガンを結合することにより熱間もろさとして知られる熱間圧延の欠点を避けるためのマンガンの含量は、典型的には屑の硬質含量の約2.5倍である。マンガンは、固溶体補強(solid solution strengthening)として知られ

(4)

伝送するに要するエネルギーは低下する。液体金属ぜい化物は比較的低い融点を有する金属または合金であるので、それは加工中の微小きれつの先端における一般的な温度で液体であり、またその融点付近に比較的低い表面の自由エネルギー値を有するので粒界または相間境界に沿った比較的大きな表面積をぬらす能力を液体金属ぜい化物に与える。表面自由エネルギー値(または表面張力)が低いほど、液体金属ぜい化物の表面積作用範囲は大きい。普通、液体金属ぜい化物の表面自由エネルギー値は液体金属ぜい化物の融点で急速に減少する(したがって、そのぬらす能力は急速に増加する)。

液体金属ぜい化物を含む介在物の付近で微小きれつが先ず伝送され、その介在物の位置における温度が液体金属ぜい化物を液化するに十分上昇させられると、液体金属ぜい化物がほとんど即時に微小きれつの先端へ搬送される。この搬送は粒界、相界または同様のものに沿って進行する。このように搬送される液体金属ぜい化

(5)

る機構により屑を強化することができる。硬質と結合するマンガンは屑を強化するために利用できない。

機械加工性を高めるため屑に加えられた成分としては鉛、テルル、ビスマスおよび硬質が含まれ、これらは全て屑の微細組織内に介在物として存在する。これまでは、この微細組織にとつて加工性増加成分の微細介在物を含むことは望ましくないと考えられていた。たとえば、硬化マンガンを介在物については、15ミクロンが最適サイズと考えられ、介在物のサイズは一般に10~30ミクロンの範囲にあり、5ミクロン未満は悪いと考えられる。

ビスマスは比較的低い融点(271°Cすなわち520°F)を有し、ビスマスの融点に近い温度における表面自由エネルギー値は比較的低い(37.5 ergs/cm<sup>2</sup>)。その結果、これらの特性を妨害するものがなければ、ビスマスは加工工具の切削縁から比較的遠い屑の粒界または相間境界をぬらす強い傾向を有し、それによりその領域

(6)

をぜい化して破砕を容易にする。

上述のように、ビスマスが液体金属ぜい化物として作用する能力に影響を与える因子の1つは、機械加工中に微小きれつの先端へのビスマスの即時搬送用の有効性である、この即時搬送用のビスマスの有効性を増加させると、その液体金属ぜい化物としての作用能力を高める。本発明によれば、ビスマスは、5ミクロン未満の平均不純物サイズを有するビスマス含有介在物として鋼の微細組織中に施される。これにより、より大きいサイズの介在物中の同量のビスマスを有する鋼に比べると、加工中に微小きれつの先端への即時搬送用にビスマスが有効となる鋼の微細組織内における箇所数が増加する。

液体金属ぜい化物は強度の大きな鋼ほど有効である。したがって、本発明による鋼は、少なくとも0.06重量%から約1.0重量%までの炭素含量と、破断含量の3倍より多いことが望ましく少なくとも0.30重量%であるマンガン含量を有する。

(7)

鋼	最高 0.12重量%
ビスマス	0.05 ~ 0.40重量%
鉄	実質的に残量

鋼に適用された「実質的に残量」という表現は、鋼が一般に見られる不純物を含むことを意味する。しかしながら、これら不純物にはビスマスのぬらし能力を低下させるものがあり、そのような不純物については、本発明の望ましい実施例において、その合計量は鋼のビスマス含量より少ないことを要する。ビスマスのぬらし能力を低下させる成分は銅、すず、亜鉛およびニッケルである。これら成分の総量は鋼のビスマス含量の0.05重量%であることが望ましい。典型的には、鋼のビスマス含量は約0.20重量%を越えない。

テールはビスマスのぬらし能力を高め、一実施例において、テールは鋼中に最高0.08重量%まで含まれ得、鋼中に望ましくは少なくとも0.015重量%のテールが存在する。また鉛も、鋼の機械加工性を高めるため、最高0.3重量

(8)

この鋼はインゴット形にまたはビレット形に（たとえば連続鋳造により）鋳造されうる。インゴット形に鋳造する場合、鋼材はビレットに熱間圧延されうる。ビレットはさらに熱間圧延により縮小され、その熱間圧延製品は棒状に冷間引抜されうる。本発明により鋳成鋼材に付与される特性は後段の縮小へ持ち越される。したがって、ここで用いられる如き「鋳成鋼材」の用語は、縮小前の本来の鋼材と縮小鋼材の両方を含む。

その他の特徴と利点は本出願で請求および開示される製品に固有のものであり、当該技術分野の熟練者には下記の詳細な記載より明らかにする。

本発明による機械加工自在の鋳成鋼材は下記の範囲内の鋼合成を有する。

炭素	0.06 ~ 1.0重量%
マンガン	0.3 ~ 1.6重量%
シリコン	最高 0.30重量%
硫黄	0.03 ~ 0.50重量%

(8)

%まで鋼に加えられる。

鋼を製造する原料の1つとしてスクラップ鋼が使用される場合に鋼、ニッケルおよびすずが鋼中に一般に見られる。製鋼中に鋼、すずまたはニッケルを除去することは商業上実用的でない。したがって、本発明にしたがい鋼、ニッケルおよびすずを鋼のビスマス含量より少ない総量に確実に制限するには、鋼、ニッケルまたはすずを含有するスクラップを製鋼中に導入することを選択するか、または鋼、ニッケルまたはすずを含有するスクラップを製鋼前にその他のスクラップ鋼から分離することが必要である。このような予備措置は、亜鉛を含むスクラップについては、亜鉛は溶融鋼の温度で沸騰して放出されて製鋼中に自動的に除去されるので不要である。この鋼はまた高炉で製造された高温金属から完全に作るによりスクラップの使用を完全に省くこともできるが、この種の原料制限は商業的見地から特に望ましくはない。

本発明によるビスマス含有鋼の例を表1に示

00

す。

表 1 (重量%)				
成分	A	B	C	D
炭 素	0.06~0.08	0.45~0.47	0.41~0.43	0.06~0.09
マンガン	0.60~0.80	1.52~1.60	1.45~1.55	1.05~1.10
シリコン	0.01~0.02	0.20~0.25	0.15~0.30	0.02
硫 黄	0.12~0.16	0.29~0.33	0.35	0.26~0.33
銅	0.06~0.07	0.03	0.03	0.06~0.09
ビスマス	0.3 ~0.4	0.27~0.33	0.2~0.3	0.1 ~0.2
鉛	0.05	0.08	0.08	0.01
す ず	0.02	0.04	0.01	0.008
ニッケル	0.05	0.08	0.01	0.01
CuSnNi 合計	0.12	0.20	0.10	0.028

上記の鋼 A ~ D の全てにおいて、合成の残りは実質的に鉄（特に示されなければ、通常の不純物を追加）より成る。

上記表 I から明らかなように、液体金属ぜい化物として作用するビスマスが鋼に含まれる。さらに、液体金属ぜい化物として作用するビスマスの能力を高めるため、鋼中の他の成分が鋼

(11)

テ ル ル	0.04	0.05	0.05	0.02
鉛	-	-	0.15	0.12
銅	0.1	0.08	0.2	0.01
す ず	0.05	0.04	0.01	0.01
ニッケル	0.1	0.08	0.02	0.005
Cu Sn Ni 合計	0.25	0.20	0.06	0.025

上記の鋼 E ~ H の全てにおいて、合成の残りは実質的に鉄（特に示されなければ、通常の不純物を追加）を含む。

テルルは融点でビスマスの表面自由エネルギーを下げるので、テルルは液体金属ぜい化物として作用するビスマスの能力を高める。これにより、ビスマスが液体金属ぜい化物として作用する時にぬらすことのできる面積を増加する。ビスマスのぬらし能力が増加する。このように、鋼中に減少された量であつても銅、すずまたはニッケルが存在することにより引き起こされるぬらし能力のいかなる損失もテルルにより相殺すなわち補償することができる。テルルと違い、鉛はビスマスの表面自由エネルギーに対し

03

整された。このように、ビスマスのぬらし能力を下げる成分の総量（たとえば、銅、すず、ニッケル）は鋼中のビスマス量より少ない。鋼に強度を与えるため、炭素含量は少なくとも 0.06 重量%である。マンガン含量は硫黄含量の 3 倍より上である（0.30 重量%より上であることは勿論）ことにより、固溶体補強により鋼の強度に寄与する。上述のように、鋼強度を高めることは液体金属ぜい化物をより有効にする。

表 I に示された例により反映される実施例の形状として、下記の表 2 に例示するテルルまたはテルルおよび鉛もまた鋼に含まれうる。

表 2 (重量%)				
成分	E	F	G	H
炭 素	0.07	0.46	0.42	0.08
マンガン	0.95	1.55	1.50	0.90
シリコン	0.01	0.22	0.18	0.02
硫 黄	0.14	0.30	0.35	0.27
銅	0.06	0.02	0.02	0.08
ビスマス	0.88	0.28	0.22	0.12

02

比較的小さい効果しかない。

典型例として、このビスマスは元素のビスマスを含む介在物として存在する。テルルまたは鉛と銅が存在する場合、ビスマスはこれら成分の一方または両方と金属間複合体として結合し得、この金属間複合体は鋼中に介在物として存在する。

液体金属ぜい化物として作用するビスマスの能力は微小きれつの先端へのその即時搬送と直接関連するので、微小きれつの先端への即時搬送の可能性を高めるものは全て望ましい。5 ミクロン未満の平均介在物サイズを有するビスマス含有介在物としてビスマスが鋼の微細組織中に施されると、より大きいサイズの介在物中に同量のビスマスを有する鋼と比べて、機械加工中に微小きれつの先端への即時搬送用にビスマスが利用できる鋼の微細組織中における箇所数が増加する。

5 ミクロン未満の平均サイズを有するビスマス含有介在物を得るには、インゴットまたはビ

04

レットでありうる所望の形に鋳造する際に鋼を比較的急速な固化率（たとえば平均毎分 $20^{\circ}\text{C}$ すなわち $68^{\circ}\text{F}$ ）で処理することを要する。

所望の固化率は、鋼型を適正に冷却または鋼を冷却ゾーン等を通して速度を調節することにより鋼を連続的にレットに鋳造する従来の方法により得られる。具体的には、もし介在物が所望サイズを超える場合は、型の冷却を増加すべきであり（たとえば、型を循環する冷却流体の温度を下げるかその循環速度を上げることにより）、鋼が冷却ゾーンを通過する速度を下げるべきであり、冷却ゾーン内の冷却スプレーの温度を下げるか、またはスプレー比率を上げるか、あるいは上記のことを複数回行うべきである。レットが約8〜11分後に完全固化される場合、約 $128\text{cm} \times 128\text{cm}$  ( $7' \times 7'$ ) の断面を有する連続鋳造レットに対して、所望サイズのビスマス介在物が得られる。

所望の固化率は、インゴット型の冷却（チル）またはインゴット型内で所望の固化率が確実

に得られるような他の処理により鋼がインゴットに鋳造される時に得られる。たとえば、従来より低い温度（たとえば、従来より用いられる $2833^{\circ}\text{F}$  ( $1556^{\circ}\text{C}$ ) に対し $2810^{\circ}\text{F}$  ( $1548^{\circ}\text{C}$ )）で溶鋼をレードル (ladle) からインゴットへ導入しうる。しかし、この温度が下がりすぎないように注意しなければ、インゴット鋳造の終り近くで鋼がレードル内で凝固しうる。

ビスマスは40メッシュ未満の微小サイズを有するショットとして加えられる。あるいは、ビスマスは長さ約5mmと直径2mmの針として加えられる。典型的には、この針は、鋳造中に溶鋼に加えられる225kg (5ポンド) の袋に含まれる。

連続鋳造において、ビスマスは連続鋳造装置のかけぜき (tundish) に、または鋼がそこからかけぜきに注入されるレードルに、あるいは鋳型に流入する注入流に、置ましくはショットとして加えられる。

インゴット鋳造において、インゴット型が $L/8 \sim 7/8$  (インゴット高さ) 満たされた時にビスマスは溶鋼に加えられる。一実施態様において、部分的に満たされたインゴット型における流れの衝撃位置の上方の流れの上の位置においてインゴット型に流入する溶鋼流へビスマスが加えられる。別の実施態様においては、ビスマスは部分充満インゴット型内における溶金属流の衝撃的に衝撃位置で加えられる。ビスマスが衝撃位置で加えられる場合、それは散漫なショットまたは225kg (5ポンド) 袋内の針のいずれかの形をとりうる。衝撃位置の上方の位置でビスマスが注入流に加えられる場合、ビスマスはショットとして加えるべきである。ショットとして加える場合、他の成分（たとえば鉛）をショットの形で鋼に加えるため従来より用いられているショット添加ガンを使用しうる。

インゴット型に流入する溶鋼流へビスマスショットを加える場合、この添加の位置は典型的にはインゴット型の頂部の上方約15.24cm (6

6インチ) から約61cm (2フィート) の所である。連続鋳造の鋳型に流入する溶鋼流にビスマスショットが加えられる場合、この添加の位置は典型的には型内の流れの衝撃位置の上方約2.54〜3.81cm (1〜1½フィート) の所である。

ビスマス介在物のサイズを所望サイズ (5ミクロン未満) に減少させる別の手段は、ビスマス添加前後に溶鋼を攪拌することである。これは連続鋳造プロセス中のかけぜきまたはインゴット型のいずれかでしうる。あるいはこれは、溶鋼の冷却中、溶鋼から逃げて溶鋼中に流れを生じようとする酸素が100ppmより多く溶鋼中に存在することにより起こる流れで又は対流で機械的、電磁的に達成しうる。機械的、電磁的に対流で又は前文に述べたタイプの流れでの何れにしても、そのような攪拌は全て、介在物サイズを減少させることは勿論、ビスマス介在物の分布の均一性を良好にする。

以上の記載は明確な理解のためのみになされ

たものであり、そこから不要な限定はされるべきでなく、当該分野の技術者にとって種々の変形は明らかであろう。

特許出願人代理人氏名  
弁理士 角 田 嘉 宏

特開昭56- 35758(6)  
手 続 補 正 書 (自 発)

昭和55年9月26日

特許庁長官 島 田 春 樹 殿

1. 事件の表示 昭和55年 特 許 願第109092号

2. 発明の名称 ビスマスを含有する機械加工自在の鋼成鋼材

3. 補正をする者事件との関係 特 許 出 願 人

居 所 アメリカ合衆国、60603 イリノイ、シカゴ、  
ウエスト モンロー ストリート 30

名 称 インランド スチール カンパニー  
代表者 ウォーレン エム. ヤロウインツ  
(国 籍：アメリカ合衆国)

4. 代 理 人 〒650

住 所 神戸市生田区東町123番地の1 貿易ビル9階  
電話 神戸 (078) 331-8112 大代表

氏 名 弁理士 (6586) 角 田 嘉 宏

5. 補正指令の日付 昭和 年 月 日

6. 補正の対象 明細書の発明の詳細な説明の欄

7. 補正の内容 明細書中第15頁第3行目「すなわち68° F」  
とあるのを「すなわち36° F」に補正します。



04